

Г. М. ПИКАЛОВА, Г. П. СЕРАЯ, М. В. ПАСЫНКОВА,
С. Я. ЛЕВИТ, Ф. М. ШУБИН, С. В. КОМОВ

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ НА ЗОЛОТВАЛАХ ТЭЦ УРАЛА

Среди многообразных форм антропогенного нарушения целостности ландшафтов и равновесия в биосфере промышленных районов не последнее место занимают золоотвалы тепловых электростанций, площади которых достигают десятков и сотен гектаров. Под золоотвалы в большинстве случаев отводятся продуктивные и экономически ценные земли. Сразу после окончания эксплуатации они становятся опасными очагами загрязнения окружающей среды. Возникает необходимость прекратить водную и ветровую эрозию с поверхности отвалов. Одним из способов укрепления пылящих поверхностей является создание на золоотвалах искусственных растительных сообществ — культурфитоценозов, желательно из полезных для человека видов многолетних травянистых, древесных или кустарниковых растений. Этим одновременно предусматривается превращение бесплодных пространств в продуктивные путем формирования хозяйственно ценных растительных сообществ сельскохозяйственного, озеленительного, санитарного назначения.

Опытные и производственные культурфитоценозы на золоотвалах, расположенных в разных зонально-географических районах Урала, в частности, в пределах таежной (Серовский, Нижнетуринский, Верхнетагильский, Березниковский золоотвалы) и лесостепной (Южно-Уральский, Красногорский золоотвалы) зон создавались в период с 1959 по 1966 г. Подробные методики создания их освещены в материалах сборников «Растения и промышленная среда» (1964, 1970), для Серовской ГРЭС — в статье Ф. М. Шубина (см. настоящий сборник).

Начиная с 3—4-го года жизни посевы обычно предоставлялись самим себе, развивались без применения каких-либо агротехнических мер ухода и находились под постоянным влиянием нерегулируемых антропогенных воздействий (произвольное сенокосение, выпас скота и др.), что привело к существенному изменению их состава и отразилось на производительности. Так, например, на золоотвале Красногорской ТЭЦ в связи с интенсивным и бессистемным стравливанием все высеянные многолетние культурные

злаковые и бобовые растения полностью выпали. Площадь, занимаемая ранее культурфитоценозом, в настоящее время представляет низкопродуктивный выгон с господством сорно-мусорных малощенных растений. На остальных золоотвалах также наблюдается частичное выпадение высеванных культур и внедрение в посевы представителей сорной и местной флоры, что отражает разную степень деградации культурфитоценозов. Поэтому термин «культурфитоценоз» в некоторых случаях использован в настоящей работе условно и указывает в основном на происхождение описываемых растительных группировок, но не на состояние их в момент описания.

В 1969—1971 гг. лаборатория промышленной ботаники (Г. М. Пикалова, М. В. Пасынкова, С. Я. Левит, Т. С. Чибрик, Г. С. Плошко) и кафедра геоботаники и почвоведения Уральского университета (Г. П. Серая, Ф. М. Шубин, С. В. Комов) при участии студентов-геоботаников (С. Зорина, Е. Перепелкина, Т. Дерендяева, З. Кацуба, В. Комкова) под руководством Б. П. Колесникова, выполняя работы по теме «Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах Урала и Сибири», провели инвентаризацию всех экспериментальных культурфитоценозов, ранее созданных на золоотвалах Уральских ТЭЦ и ГРЭС.

Объектами исследований являлись растительные группировки, сформировавшиеся на золоотвалах на базе ранее произведенных посевов многолетних травянистых растений (культурфитоценозов), а также на участках самозарастания. Цель этих работ:

- 1) выявить изменения в составе и структуре культурфитоценозов, происшедшие за 5—10 лет с момента создания;

- 2) вскрыть направленность и темпы сукцессий культурфитоценозов на золоотвалах в разных зонально-географических условиях;

- 3) оценить производительность отдельных культурфитоценозов в сравнении с растительностью участков самозарастания и естественных луговых сообществ, типичных для районов расположения золоотвалов.

Исследовательские работы сопровождались геоботаническим описанием растительного покрова на всей площади каждого золоотвала и его картированием. Более подробно, с анализом флористического состава и производительности, изучены культурфитоценозы, сформировавшиеся на фоне различных агротехнических мероприятий, однотипных на разных золоотвалах, а также растительные группировки участков самозарастания, возникшие на «чистой» золе естественным путем. Для учета флористического состава в каждой выделенной группировке закладывались раункиеровские учетные площадки размером $0,1 \text{ м}^2$ в 25-кратной повторности (Раменский, 1971). Для учета надземной и подземной фитомассы растений, согласно методическим указаниям Л. Е. Родина, Н. П. Ремезова, Н. И. Базилевич (1969), была принята 10-кратная (для культурфитоценозов) и 3-кратная (для естественных ценозов) повторность при величине учетных площадок $0,5 \text{ м}^2$

(1×0,5). Травостой срезался на уровне поверхности субстрата, разбирался по видам, взвешивался в воздушно-сухом состоянии. Подземная масса, без разделения на живые и мертвые корни, определялась путем взятия на глубину проникновения корневых систем (максимально до 0,5 м) почвенного монолита с последующим отмыванием корней на ситах разного диаметра.

Учет производительности травостоя проводился в фазу массового цветения доминантов группировок. Масса отмерших вегетативных органов в связи с ее незначительностью в это время не учитывалась.

Контролем при сравнении служили участки соседних с золоотвалом естественных травянистых сообществ, которые рассматривались как эталоны зональной луговой растительности: в зоне лесостепи — злаково-разнотравный суходольный луг (*Achillea pobilis* — *Poa pratensis*), в таежной зоне — разнотравно-злаковый пойменный луг (*Deschampsia caespitosa* + *Ranunculus acer*).

В статье проанализированы данные отдельно по золоотвалам лесостепной и таежной зон с учетом применявшихся способов агротехнического воздействия на золу при создании на ней культурфитоценозов.

Состав и производительность культурфитоценозов на золоотвале лесостепной зоны

Южно-Уральская ГРЭС (ЮУ ГРЭС) находится в Челябинской области, в зоне лесостепи среди ландшафта антропогенной растительности Зауральского пенеплена (Урал и Приуралье, 1968). Площадь ее отвала 68,0 га. Опытные работы начаты в 1964 г. В 1965—1966 гг. вся поверхность золоотвала была покрыта слоем черноземной почвы и засеяна чистыми культурами люцерны синегибридной, эспарцета песчаного и костра безостого. К 1970 г. на участке с посевом эспарцета песчаного (эспарцетовый культурфитоценоз) образовалась разнотравно-злаково-эспарцетовая группировка (*Onobrychis arenaria* + *Festuca pratensis* + *Agropyrum repens* — *Artemisia absinthium*). Травостой довольно густой, общее покрытие 70—80%, задерненность 50—60%. Аспект создает цветущий эспарцет, на фоне которого выделяются серо-зеленые пятна полыни. Травостой характеризуется значительной засоренностью. Наряду с одно-двулетними сорными и мусорными растениями происходит активное внедрение дикорастущих видов местной флоры. Всего зарегистрировано 32 вида, из них злаки — 15%, бобовые — 12% и разнотравье — 73%.

О составе основных компонентов и производительности растительной группировки можно судить по данным табл. 1.

Они показывают, что воздушно-сухая масса надземных органов достигает в среднем 275,9 г/м², или 27,6 ц/га.

Наибольшее участие в сложении травостоя принадлежит эспарцету и злакам (соответственно 71,1 и 19,3% от общего веса

Таблица 1

Основные компоненты и производительность разнотравно-злаково-эспарцетовой группировки (золоотвал ЮУ ГРЭС, учет 8 июля 1970 г.)

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие (по Друде)	Вес воздушно-сухой надземной массы, г/м ²	Относительное весовое обилие, %
<i>Onobrychis arenaria</i>	I	75	cop ₂	196,30	71,1
<i>Agropyrum repens</i>	I	70	sp	53,20	19,3
<i>Festuca pratensis</i>	I	80	sp		
<i>Artemisia absinthium</i> *	II	42	cop ₁	3,73	1,4
<i>Medicago media</i>	II	58	sp	14,80	5,3
<i>Lappula echinata</i>	III	22	sp	1,36	0,5
<i>Sisymbrium loeselii</i>	III	28	sp	0,12	0,1
<i>Cynoglossum officinale</i>	III	37	sol	0,66	0,3
<i>Chenopodium album</i>	III	8	sol	0,29	0,2
<i>Lepidium ruderae</i>	III	20	sol	1,20	0,5
Прочие				3,59	1,3

* Растения первого года жизни.

надземной фитомассы), которые и могут рассматриваться как доминант и содоминанты данной группировки.

Учет подземной массы показал, что корни отдельных растений проникают в зольный субстрат до глубины 60 см. Однако основная масса их располагается в толще золы на глубине 40—50 см. Вес воздушно-сухой массы подземных органов составил 557,0 г/м², или 55,7 ц/га. Отсюда следует, что подземная фитомасса почти в 2 раза превышает надземную.

В связи с начавшимся выпадением высеянной культуры производительность фитомассы эспарцетового культурфитоценоза, по видимому, снижается с годами. Так, общая масса его травостоя на 3-м году жизни — в 1968 г. (неопубликованные данные С. Я. Левит) составляла 103,6 ц/га, а на 6-м году жизни (1971) она оказалась равной 83,3 ц/га.

В целом можно отметить, что на золе с почвенным покрытием посев эспарцета песчаного в течение 5 лет сохраняется в удовлетворительном состоянии и формирует достаточно устойчивый травостой. Это позволяет считать эспарцет одним из перспективных компонентов для создания продуктивных травостоев при биологической рекультивации золоотвалов в лесостепной зоне Урала и Зауралья.

На участке золоотвала с посевом люцерны синегибридной (люцерновый культурфитоценоз) к 1970 г. образовалась злаково-разнотравно-люцерновая группировка (*Medicago media*+*Sisymbrium loeselii*—*Artemisia absinthium*+*Festuca pratensis*). Травостой участка неоднороден и разрежен, задерненность не превышает

40% при значительном количестве пятен золы, лишенных растительности. Аспект травостоя пестрый — на общем зеленом фоне люцерны и полыни ярко выделяются желтые пятна цветущего желтушника. Посев люцерны также оказался сильно засоренным, встречены не только сорные и мусорные растения, но и представители местной флоры, появившиеся в результате заноса семян извне. Всего зарегистрировано 27 видов; из них злаки и бобовые составляли по 15%, разнотравье — 70%. По обилию среди разнотравья преобладают полынь, жерушник, икотник, липучка и другие виды (табл. 2). Вес воздушно-сухой массы надземных орга-

Т а б л и ц а 2

Основные компоненты и производительность злаково-разнотравно-люцерновой группировки (золоотвал ЮУ ГРЭС, учет 9 июля 1970 г.)

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие (по Друде)	Вес воздушно-сухой надземной массы, г/м ²	Относительное весовое обилие, %
<i>Festuca pratensis</i>	I	60	сор ₁	22,16	13,5
<i>Agropyrum repens</i>	I	60	sp	12,40	7,6
<i>Artemisia absinthium</i>	I	80	сор ₁	1,08	0,7
<i>Berteroa incana</i>	II	40	сор ₁	0,68	0,5
<i>Lappula echinata</i>	II	40	сор ₁	114,40	69,5
<i>Medicago media</i>	II	50	сор ₂	1,04	0,8
<i>Sisymbrium loeselii</i>	II	48	сор	1,50	0,2
<i>Erysimum cheiranthoides</i>	III	0	sp	5,40	3,4
<i>Onobrychis arenaria</i>	III	22	sp	5,73	3,6
Прочие					

нов растений достигает 164,4 г/м², или 16,4 ц/га. Основную роль в сложении травостоя играет люцерна синегибридная (относительное весовое обилие — 69,5%). На злаки и разнотравье приходится соответственно 13,5 и 17%. Основная масса корней располагается в поверхностных слоях зольного субстрата на глубине от 10 до 40 см. Вес воздушно-сухой массы подземных органов растений достигает 268,6 г/м², или 26,8 ц/га. Таким образом, подземная фитомасса в 1,5 раза превышает надземную.

Следует отметить, что основной доминант культурфитоценоза — люцерна синегибридная — имеет пониженную жизнеспособность, встречаются ее старые кусты со многими отмершими побегами. Изреживание и выпадение из травостоя люцерны (очевидно, в связи с возрастом) привело к снижению общей производительности посева со 134,0 (3-й год жизни) до 43,0 ц/га (6-й год жизни). В целом посев люцерны синегибридной на золе с предварительным почвенным покрытием находится в менее удовлетворительном состоянии по сравнению с посевом эспарцета. В течение 5 лет произошло

заметное выпадение люцерны из состава травостоя, что привело к образованию «плешин» — участков с обнаженной золой. Образовавшаяся на основе посева злаково-разнотравно-люцерновая группировка по производительности также уступает эспарцетовой.

На участке золоотвала с посевом костра безостого (костровый культурфитоценоз) образовалась бобово-разнотравно-костровая группировка (*Bromus inermis*—*Artemisia absinthium*+*Medicago media*). Травостой невысокий, средней густоты, задерненность около 60%. Серо-зеленый аспект создают злаки, а также пятнами встречающиеся полыни горькая и австрийская. По видовому составу травостой отличается большой пестротой. Было отмечено 36 видов, из них на злаки пришлось 8%, бобовые — 20% и разнотравье — 72%.

О составе основных компонентов и производительности травостоя можно судить по данным табл. 3.

Таблица 3

Основные компоненты и производительность бобово-разнотравно-костровой группировки (золоотвал ЮУ ГРЭС, учет 9 июля 1970 г.)

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие (по Друде)	Вес воздушно-сухой надземной массы, г/м ²	Относительное весовое обилие, %
<i>Bromus inermis</i>	I	75	сop ₂	54,48	70,50
<i>Agropyrum repens</i>	I	67	sp	6,60	8,40
✓ <i>Medicago media</i>	II	27	sol	9,42	12,20
✓ <i>Artemisia absinthium</i>	II	35	sp	0,36	0,50
✓ <i>Berteroa incana</i>	II	25	sol	2,29	3,00
✓ <i>Potentilla anserina</i>	III	20	sol	1,62	2,10
✓ <i>Euphorbia virgata</i>	III	22	sol	0,15	0,10
✓ <i>Dracocephalum thymiflorum</i>	III	20	sol	2,42	3,42
Прочие					

Как видно, вес воздушно-сухой массы надземных органов составил 77,3 г/м², или 7,7 ц/га. По весовому обилию в травостое преобладают злаки, прежде всего, костер, который и является доминантом. Вес массы подземных органов составил 186,0 г/м², или 18,6 ц/га. Основная масса корней и корневищ располагается на глубине 15—20 см, лишь отдельные корни проникают до 40 см. Общий вес фитомассы составил 263,3 г/м², т. е. 26,3 ц/га. Подземная фитомасса более чем в 3 раза превышает надземную. Образование и накопление корней и корневищ способствует более быстрому закреплению зольного субстрата и созданию его плодородия.

В целом посев костра безостого сохранился в удовлетворительном состоянии. Частичное выпадение костра компенсировалось разрастанием пырея ползучего, так что в травостое продолжают

доминировать злаки. Однако образовавшаяся бобово-разнотравно-костровая группировка по производительности уступает культурфитоценозам, сформировавшимся на базе посевов бобовых культур. Возможно, в условиях лесостепной зоны более перспективными будут культурфитоценозы с доминированием бобовых культур, или в смеси их со злаками.

Сравнительный анализ флористического состава¹ образовавшихся на золоотвале растительных группировок в сопоставлении с естественной луговой растительностью (табл. 4) показал, что костровый культурфитоценоз по количеству общих видов растений стоит ближе других к зональному злаково-разнотравному ценозу соседнего суходольного луга (коэффициент общности почти 37%).

Костер безостый как эдификатор и доминант не оказывает какого-либо заметного отрицательного влияния на внедрение и закрепление в формирующемся ценозе аборигенных видов сорной и местной дикорастущей флоры. Процентное соотношение основных ботанических групп (злаки, бобовые, разнотравье) в костровом культурфитоценозе и естественном ценозе примерно одинаково (см. табл. 4). Однако по некоторым другим показателям сравниваемые ценозы различаются. Так, в костровом культурфитоценозе встречены донник белый и эспарцет песчаный, отсутствующие в травостое суходольного луга. По-видимому, семена их были занесены одновременно с посевом костра, или позднее — с соседних культурфитоценозов. Значительное место в травостое кострового культурфитоценоза занимают однолетние и двулетние растения; процент многолетников значительно ниже, чем в естественном ценозе. Характерной особенностью является также большое видовое разнообразие сорно-луговых растений. Их насчитывается в 2 раза больше, чем в естественном луговом ценозе. Типичные же степные виды в экспериментальном культурфитоценозе составляют от общего числа видов всего лишь 8,8%, в то время как в естественном луговом ценозе на их долю приходится 27,9%. Таким образом, костровый культурфитоценоз в настоящее время начинает деградировать и представляет собой сложную растительную группировку. Можно предполагать, что последующее развитие его пойдет в сторону усиления общей ксерофитизации состава растений, увеличения относительного числа многолетних суховыносливых луговых и степных видов, т. е. по пути дальнейшего **сближения с зональной суходольной луговой растительностью**. Костер, вероятно, постепенно будет терять свою эдификаторную роль.

Несколько меньшую степень сходства с естественным луговым ценозом имеют эспарцетовый и люцерновый культурфитоценозы. Коэффициенты общности по видовому составу между ними и естественным луговым ценозом равняются соответственно 29,4 и 25,4%. Флористический анализ вскрывает существенную разницу и по

¹ Для анализа использованы: Флора СССР, Определитель растений Башкирской АССР, сводные работы Б. А. Быкова (1960, 1962, 1965), А. В. Куминовой (1960) и др.

Сравнительная характеристика флористического состава культурфитоценозов золотвала ЮУ ГРЭС и естественной луговой растительности *

Фитоценоз (растительная группировка)	Количество видов	Состав компонентов													Коэффициент объясности по вы- ловому составу с естественным фитоценозом, %
		Ботанический			Ботанический		Фитоценозический			Экологический					
		злаки	бобовые	разно- травные	одно- и двулет- ники	много- летники	луговые	лесные	сорные	степные	мезофиты	мезоксе- рофиты	ксерофи- ты	гигрофиты	
Естественный лу- говой (злаково- разнотравная) .	37	2	6	29	7	29	17	2	7	10	16	17	3	—	—
	100,0	5,0	16,0	79,0	19,5	80,5	47,2	5,5	19,4	27,9	44,4	47,2	8,4	—	
Люцерновый куль- турный (злако- во-разнотравно- люцерновая) . .	27	4	4	19	16	11	11	1	14	1	21	1	—	1	25,4
	100,0	15,0	15,0	70,0	59,1	40,9	40,9	3,7	51,7	3,7	77,7	14,7	—	7,5	
Эспарцетовый культурный (раз- нотравно-злако- во-эспарцетовая)	32	5	4	23	14	18	15	1	15	1	24	7	1	—	29,4
	100,0	15,0	12,0	73,0	43,8	56,2	46,9	3,1	46,9	3,1	75,0	21,9	3,1	—	
Костровый куль- турный (бобово- разнотравно- костровая) . . .	35	3	7	25	15	20	16	2	13	3	24	9	1	—	36,6
	100,0	8,5	20,0	71,5	41,1	58,9	47,2	6,0	38,2	8,8	70,6	26,4	3,0	—	

* В числителе — абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего количества.

ряду других показателей. Например, в культурфитоценозах многолетние растения численно не являются господствующими, составляя от общего количества видов всего лишь 40,9% в люцерновом и 56,2% в эспарцетовом, что в 2,0—1,5 раза меньше по сравнению с естественным луговым ценозом. Преобладание однолетних растений объясняется высокой засоренностью культурфитоценозов. Если в естественном луговом ценозе сорные растения составляют всего лишь 19,4%, то в посевах люцерны — 51,7% и эспарцета — 46,9%. Однако в травостое эспарцетового и люцернового культурфитоценозов уже встречаются некоторые аборигенные виды — такие, как *Achillea nobilis* (sol), *Gypsophila muralis* (sol) и др.

Можно считать, что дальнейшее **развитие** эспарцетового и люцернового культурфитоценозов также пойдет в **сторону усиления ксерофитизации и сближения с зональными луговыми сообществами**. Однако в отличие от кострового культурфитоценоза, эти процессы здесь совершаются менее интенсивно, что объясняется, по-видимому, спецификой фитосреды, образующейся внутри ценоза в связи с доминированием крупностебельных бобовых растений. Развитие у эспарцета и люцерны в течение вегетационного периода большой надземной массы способствует значительному затенению нижних ярусов, снижает температуру и амплитуду ее колебаний в приземном слое, уменьшает испарение с поверхности почвы и т. д. Внутри ценоза создается фитоклимат, облегчающий произрастание мезофитных форм. Но с возрастом, по мере изреживания травостоя (что и наблюдается в настоящее время в люцерновом ценозе) ксерофитизация растительности пойдет, по-видимому, более интенсивно.

Рассмотренные выше культурфитоценозы значительно различаются между собой и по производительности (табл. 5). Наиболее производительным является эспарцетовый, который по массе надземных органов превышает люцерновый и костровый соответственно в 1,5 и 3 раза. Весовое соотношение основных ботанических групп в травостое эспарцетового и люцернового культурфитоценозов примерно одинаково: злаки составляют в среднем 16,4%, разнотравье — 13,4%. Основная же доля по весу (около 70%) приходится на бобовые, что указывает на высокую кормовую ценность травостоя.

Естественный луговой злаково-разнотравный ценоз уступает по надземной фитомассе культурфитоценозам с доминантами из бобовых, но превосходит костровый. Различие проявляется и по другим показателям: в травостое естественного луга более 80% от общего веса надземной массы составляет разнотравье, на долю злаков приходится лишь 17,5%, а участие бобовых совсем незначительно (см. табл. 5).

При оценке производительности травостоя растительных группировок, образовавшихся на золоотвале, особый интерес представляет подземная фитомасса. Она позволяет судить о степени закреп-

Таблица 5

Производительность культурфитоценозов 6-летнего возраста золотвала Южно-Уральской ГРЭС, в лесостепной зоне *

Фитоценоз (растительная группировка)	Вес воздушно-сухой массы						Отношение веса подзем- ных органов к весу над- земных
	общая фитомасса, ц/га	надземных органов			подземных органов, ц/га		
		всего	злаки	бобовые	разно- травье		
Костровый культурный	26,3	$\frac{7,7}{100,0}$	$\frac{5,4}{70,4}$	$\frac{0,7}{8,5}$	$\frac{1,6}{21,1}$	18,6	2,3
Люцерновый культурный	43,3	$\frac{16,4}{100,0}$	$\frac{2,2}{13,5}$	$\frac{11,4}{69,5}$	$\frac{2,8}{17,0}$	26,8	1,6
Эспарцетовый культурный	83,3	$\frac{27,6}{100,0}$	$\frac{5,3}{19,2}$	$\frac{19,7}{71,1}$	$\frac{2,6}{9,7}$	55,7	2,0
Естественный лугово-степной (злаково-разнотрав- ная)	—	$\frac{12,3}{100,0}$	$\frac{2,2}{17,5}$	—	$\frac{10,1}{82,5}$	—	—

* В числителе указан вес в ц/га, в знаменателе — % от общего количества

пления зольного субстрата, о накоплении в нем питательных веществ. Освоение зольного субстрата корнями бобовых растений идет медленно, что уже отмечалось для золоотвала ЮУ ГРЭС (Беспрозвана, 1969). Автор связывает это с недостаточной влажностью глубоких слоев золы, а также с минимальными запасами питательных веществ в золе. По относительному весу подземной фитомассы на первом месте стоит костровый культурфитоценоз. Образование и накопление подземной органической массы (от 18 до 55 ц/га) способствует не только закреплению зольного субстрата, но и созданию его плодородия, что является залогом получения в будущем еще более высоких урожаев. Однако состояние посевов в настоящий момент показывает, что для сохранения высокой производительности культурфитоценозов, распадающихся и сближающихся с местными низкопродуктивными лугово-степными естественными группировками растительности, необходимо проведение ряда агротехнических мероприятий (подкормка, подсев трав, своевременное скашивание и т. д.), направленных на поддержание в травостое высеянных видов, способных дать в условиях золоотвала значительную фитомассу.

Состав и производительность культурфитоценозов золоотвалов таежной зоны

Березниковская ТЭЦ расположена в подзоне южной тайги Предуралья. Ее золоотвал (площадь 16,7 га) находится в долине р. Камы среди сильно измененных человеком пространств, в прошлом покрытых сосновыми и березовыми лесами (Урал и Предуралье, 1968). На всей площади золоотвала сформировался хорошо развитый растительный покров. На участке с применением торфяного покрытия на базе посева смеси многолетних трав (бобово-злаковый культурфитоценоз) образовалась сложная разнотравно-злаковая группировка (*Calamagrostis epigeios*+*Festuca rubra*—*Berteroa incana*+*Achillea millefolium*). Аспект травостоя зеленый за счет злаков и редко вкрапленных экземпляров березок и кустарниковых ив. Общая задерненность участка 70—80%. В составе травостоя зарегистрирован 41 вид, что в 1,5 раза больше, чем в естественном сообществе соседнего с золоотвалом пойменного луга (табл. 6). Увеличение видового разнообразия обусловлено распространением сорных растений, на долю которых пришлось более 50% от общего числа видов, в то время как в естественном травостое их всего лишь 37%. Преобладают в настоящее время многолетние растения, хотя процент их ниже, чем в естественном ценозе. Характерно также обилие мезофитов (63,4% от общего числа видов), типичных для местной флоры.

Из ранее высеянных культур в травостое сохранились с низким обилием (sp—sol) 10 видов, в том числе такие, как овсяница красная, костер, житняк, ежа. Довольно широко расселился вейник наземный, типичный представитель местной флоры. На долю зла-

Т а б л и ц а 6

Сравнительная характеристика флористического состава культурфитоценоза зооотвала Березниковской ТЭЦ и естественной луговой растительности *

Фитоценоз (растительная группировка)	Количество видов	Состав компонентов												Коэффициент общности по видовому составу с естественным фитоценозом, %
		ботанический			биологический		фитоценоотический			экологический				
		злаки	бобовые	разнотравье	одно- и двулетники	многолетники	луговые	лесные	сорные	мезофиты	мезоксерофиты	гигрофиты	гигро-мезофиты	
Естественный луговой (злаково-разнотравная)	27 / 100	6 / 22,2	5 / 18,5	16 / 59,3	4 / 14,8	23 / 85,2	14 / 51,8	3 / 11,1	10 / 37,1	18 / 66,6	3 / 11,1	2 / 7,4	4 / 14,9	—
Бобово-злаковый культурный (разнотравно-злаковая)	41 / 100	11 / 26,9	4 / 9,7	26 / 63,4	13 / 31,8	28 / 68,2	16 / 39,0	4 / 9,7	21 / 51,3	26 / 63,4	9 / 21,9	2 / 5,0	4 / 9,7	41,2

* В числителе — абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего количества

ков приходится более 80% от общей надземной фитомассы, на разнотравье — только 18,7%. Однако если учесть, что трансформация культурфитоценозов, находящихся под постоянным воздействием человека (выпас скота, вытаптывание), идет в сторону образования травянистых сообществ зонального типа, можно предположить, что в будущем значительную массу растительной группировки на золоотвале составят представители разнотравья, на долю которых в естественном луговом ценозе, расположенном по соседству с золоотвалом, приходится 53% надземной массы. Пока же по общей массе надземных и подземных органов деградированный культурфитоценоз более чем в 3 раза уступает травостой естественного злаково-разнотравного заливного луга. Его фитомасса составила в среднем 109,8 ц/га против 367,0 ц/га на естественном влажном лугу (табл. 7).

Таким образом, в созданном на золоотвале Березниковской ТЭЦ бобово-злаковым культурфитоценозе идет процесс выпадения высеванных трав, особенно бобовых. Выпадение их из травостоя сопро-

Таблица 7

Производительность культурфитоценозов лесной зоны Урала, сформировавшихся на золе с покрытием, и естественной растительности*

Дата наблoдe- ния	Фитоценоз	Воз- раст, лет	Вес воздушно-сухой массы						Отношение веса подземных орга- нов к весу над- земных
			общая фито- масса, ц/га	на дземных органов				подземных органов, ц/га	
				всего	злаки	бобо- вые	разно- травье		
14 июля 1971 г.	Бобово-злако- вый (Берез- никовская ТЭЦ) . . .	10	109,8	$\frac{14,2}{100,0}$	$\frac{11,6}{81,3}$	—	$\frac{2,6}{18,7}$	95,6	6,7
	Разнотравно- злаковый естественный (Березники)	—	366,1	$\frac{36,7}{100,0}$	—	—	—	329,4	8,9
20 июля 1971 г.	Житняково- донниковый (Серовская ГРЭС) . . .	5	48,6	$\frac{9,7}{100,0}$	$\frac{3,2}{33,1}$	$\frac{6,0}{61,7}$	$\frac{0,5}{5,2}$	38,2	4,0
	Регнериевый (Серовская ГРЭС) . . .	5	25,2	$\frac{4,3}{100,0}$	$\frac{2,9}{68,4}$	$\frac{1,3}{29,2}$	$\frac{0,1}{2,4}$	20,9	4,8
	Разнотравно- злаковый естественный (Серов) . .	—	125,2	$\frac{21,7}{100,0}$	—	—	—	103,5	4,7

* В числителе — вес в ц/га, в знаменателе — % от общего количества.

вождается быстрым расселением по всей площади золоотвала вейника наземного. Этот аборигенный вид обилен не только на участке посева, но и на «чистой» золе, где он образовал одновидовые заросли.

Серовская ГРЭС находится в предгорьях восточного склона Урала в окружении ландшафта среднетаежных сосновых и производных от них березовых лесов. Ее золоотвал (площадь 139,0 га) покрыт растительностью неравномерно. Посевы многолетних растений сосредоточены в его западной и юго-западной частях на площади около 30 га; в восточной, более увлажненной части образовались заросли ив, примыкающие к границе озера — отстойника осветленных вод, размеры которого ежегодно сокращаются. Значительная часть золоотвала (к северу и югу от ивняка) полностью лишена растительности, лишь местами на ней отмечены участки золы с водорослево-моховым покровом.

Производственные посевы многолетних трав на золе с торфяным покрытием были проведены в 1966 г. К моменту обследования (1971) на их месте оказалось возможным выделить две растительные группировки. На участке посева донника и житняка (житняково-донниковый культурфитоценоз) образовалась злаково-бобовая группировка (*Melilotus officinale* + *Agropyrum pectiniforme* — *Trifolium repens*). Аспект желто-зеленый с пятнами цветущего клевера белого. Задерненность 50%. В сложении травостоя донник и житняк начинают уступать место другим видам, в частности, клеверу белому, представителю местной сорно-полевой флоры. Его массовое разрастание, как и других сорных растений, по-видимому, связано с интенсивным стравливанием травостоя скотом, в том числе и в год, предшествующий нашему обследованию.

Значительное распространение клеверов белого и красного, вероятно, по аналогичной причине, отмечено и на соседнем участке, где был произведен посев регнерии (регнериевый культурфитоценоз), а в настоящее время образовалась бобово-злаковая группировка (*Roegneria fibrosa* + *Trifolium pratense* — *Trifolium repens*). Травостой изрежен, задерненность не превышает 10%. Доминантом группировки пока является регнерия, однако наблюдается интенсивное распространение клеверов, которые уже можно считать содоминантами.

По видовому составу образовавшиеся на основе посевов растительные группировки существенно отличаются от естественного лугового ценоза, представленного разнотравно-злаковыми сообществами с господством щучки дернистой (см. табл. 8). Обращает внимание не только большее разнообразие видов, но и значительно повышенная доля участия бобовых; характерно также обилие сорных растений. Различие между сравниваемыми группировками наиболее отчетливо проявляется по составу экологических групп растений. В естественном луговом сообществе 66,7% составляют гигрофиты и гигромезофиты, в то время как в культурфитоценозе более 70% приходится на долю мезофитов.

Таблица 8

Сравнительная характеристика флористического состава культурфитоценозов золотвала Серовской ГРЭС и естественной луговой растительности*

Фитоценоз (растительная группа)	Количество видов	Состав компонентов												Коэффициент общности по видовому составу с естественным фитоценозом, %
		ботанический			биологический		фитоценогический				экологический			
		злаки	бобовые	разнотравье	одно и дву-летники	многолетники	луговые	лесные	сорные	болотные	мезофиты	ксерофиты	гигрофиты и гигромезофиты	
Естественный луговой (разнотравно-злаковая) . . .	18	4 22,2	1 5,5	13 72,3	—	18 100,0	7 38,4	1 5,6	5 28,0	5 28,0	6 33,3	—	12 66,7	—
Житняково-донниковый культурный (злаково-бобовая)	30	7 23,1	7 23,1	16 53,8	8 26,5	22 73,6	16 53,8	2 6,6	12 39,6	—	21 70,3	4 13,2	5 16,5	29,1
Регнериевый культурный (бобово-злаковая) . . .	26	6 23,1	6 23,1	14 53,8	6 23,0	20 77,0	14 53,9	3 11,5	9 34,6	—	20 77,0	2 7,7	4 15,3	2,3

* В числителе — абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего количества.

Таким образом, деградированные культурфитоценозы на золоотвале Серовской ГРЭС по составу компонентов далеки еще от естественного зонального лугового сообщества. Но культурные растения в них теряют эдификаторную роль, и в перспективе на месте посевов может образоваться типичный для этой зоны разнотравно-злаковый (щучковый) луг.

Масса надземных и подземных органов растений житняково-донниковой группировки составляет 48,6 ц/га, т. е. почти в 1,5 раза превосходит регнериевый (см. табл. 7). Кормовая ценность травостоя в обоих случаях хорошая за счет преобладания злаков и бобовых. Однако по общей производительности обе группировки, образовавшиеся на золоотвале, значительно уступают травостой естественного влажного луга с соседних местообитаний, где общая биомасса достигает 125 ц/га. Впрочем, надо заметить, что если бы не происшедшее в предшествующий год интенсивное стравливание посевов, различие по производительности, возможно, было бы меньшим.

Нижнетуринская ГРЭС находится в предгорьях восточного склона Урала, в окружении южнотаежного ландшафта сосновых и березовых лесов. На ее золоотвале (площадь 60,0 га) применялись различные агротехнические приемы при создании луговых культурфитоценозов, в связи с чем для него характерно наибольшее разнообразие растительных группировок.

На участке золоотвала, где было применено почвенное покрытие и посев смеси многолетних трав (злаково-бобовый культурфитоценоз), образовалась многоярусная разнотравно-злаково-бобовая группировка (*Onobrychis arenaria*+*Melilotus albus*—*Artemisia absinthium*—*Leucanthemum vulgare*—*Phleum pratense*+*Agropyrum rectiniforme*). Аспект создают цветущие злаки и разнотравье. Основную массу травостоя (82,8% от общей надземной фитомассы) составляют высеянные культурные виды высокопродуктивных многолетних злаковых и бобовых растений (табл. 9). Поэтому травостой культурфитоценоза оказался значительно производительнее естественных сообществ суходольного типа, урожайность которых в лесной зоне, по И. Ларину (1969), колеблется от 12 до 15 ц/га, а на лугах соседнего Нижнетагильского района Свердловской области — от 4 до 19 ц/га (Тагунова, 1959; Голубинцева, 1964). В нашем случае она превысила 50 ц/га. Отмечено большое видовое разнообразие, преобладание многолетников из числа представителей луговой и лесной флоры (табл. 12). Задерненность — около 70%.

Особый интерес представляют культурфитоценозы, формирование которых проходило под влиянием полива бытовыми сточными водами, применяемого на золоотвале с 1961 г. На поливном участке в настоящее время можно выделить две растительные группировки 10-летнего возраста. На месте посева смеси многолетних трав (злаково-бобовый культурфитоценоз) в условиях избыточного увлажнения образовалась бекманиево-щучковая группировка (*Beckmannia eruciformis*+*Deschampsia caespitisa*), в составе кото-

Таблица 9

Основные компоненты и производительность разнотравно-злаково-бобовой группировки (золоотвал Нижнетуринской ГРЭС)

Вид	Ярус	Высо- та, см	Обилие (по Друде)	Вес воздуш- но-сухой наземной массы, г/м ²	Относител- ное весовое обилие, %
<i>Onobrychis arenaria</i> ✓	I	105	sp	135,0	26,2
<i>Melilotus albus</i>	I	150	cop ₁	125,0	24,2
<i>Medicago media</i> ✓	I	20	sp	90,0	17,6
<i>Artemisia absinthium</i> ✓	I	90	sp	30,0	5,8
<i>Leucanthemum vulgare</i> ✓	II	40	cop ₁	27,5	5,3
<i>Phleum pratense</i> ✓	II	50	sp	15,0	2,9
<i>Agropyrum pectiniforme</i> ✓	II	65	sol	15,0	2,9
<i>Trifolium repens</i> ✓	III	15	sp ₁	12,5	2,4
<i>Trifolium pratense</i> ✓	III	30	sp _{gr}	35,0	6,8
Прочие	—	—	—	30,7	11,2

рой роль первоначально высеянных видов теперь второстепенна. Выпадению их способствовали такие факторы, как высокая и постоянная увлажненность участка, уплотнение субстрата в результате оседания нерастворимой части сточных вод и связанное с этим ухудшение аэрации. Как известно (Шенников, 1950; Марков, 1958), условия избыточного увлажнения вызывают существенную перестройку фитоценозов, снижают их видовое разнообразие вплоть до образования одновидовых сообществ (Тагунова, 1959). Внедрение в культурфитоценозе щучки, биологии которой отвечают экологические особенности поливного участка, и интенсивное распространение ее привело к существенному снижению обилия растений, первоначально высеянных на этом участке. Щучка дер-

Таблица 10

Основные компоненты и производительность бекманиево-щучковой группировки (золоотвал Нижнетуринской ГРЭС)

Вид	Ярус	Высо- та, см	Обилие (по Друде)	Вес воздуш- но-сухой над- земной мас- сы, г/м ²	Относител- ное видовое обилие, %
<i>Deschampsia caespitosa</i>	I	70—80	cop ₃	370	64,1
<i>Beckmannia eruciformis</i>	I	85	sp _{gr}	48	7,9
<i>Agropyrum tenerum</i> ✓	I	70	sp	34	5,6
<i>Dactylis glomerata</i> ✓	I	70	sol	32	5,2
<i>Bromus inermis</i> ✓	I	75	sp	24	3,9
<i>Festuca pratensis</i> ✓	I	80	sp	16	2,6
<i>Epilobium palustre</i> ✓	II	35	sp	16	2,6
Прочие	—	—	—	48	8,1

нистая является доминантом и соэдификатором. Она представлена развитыми особями высотой до 120 см. Задерненность в некоторых местах достигает 100% при среднем значении — 80%. На 1 м² насчитывается до 700 побегов щучки. Производительность надземной массы в год обследования составила 58,8 ц/га (табл. 10).

При анализе ботанического состава бекманиево-щучковой группировки выявлено, что более 60% от общего числа видов составляют представители разнотравья (см. табл. 12). Происходит увеличение численности луговых видов за счет снижения доли сорных; уменьшается количество лугово-болотных и увеличивается число лесных. Преобладают мезофитные и мезоигрофитные формы (94%), что отражает условия повышенной проточной увлажненности субстрата. В травостое отмечены череда, кипрей болотный, осока заячья, рогоз широколистный, т. е. виды, типичные для увлажненных мест. Характерным для данной группировки является также поселение ив, среди которых обнаружены *Salix caprea*, *S. aurita*, *S. viminalis*, *S. pentandra*. Все это свидетельствует об активном формировании устойчивого ценоза, сходного с частично заустаренными зональными увлажненными луговыми сообществами, описанными в ряде работ (Голубинцева, 1959; Тагунова, 1959). По степени сформированности данная растительная группировка может быть отнесена еще к категории открытых фитоценозов.

На участке золоотвала с более умеренным увлажнением, где также был первоначально создан культурфитоценоз из смеси многолетних трав (бобово-злаковый), образовалась бобово-разнотравно-злаковая группировка (*Agropyrum tenerum*+*Deschampsia caespitosa*—*Rumex confertus*+*Ranunculus acris*—*Melilotus albus*+*Trifolium repens*). Травостой, включающий 57 видов, состоит из

Таблица 11

Основные компоненты и производительность бобово-разнотравно-злаковой группировки (золоотвал Нижнетуринской ГРЭС)

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие (по Друде)	Вес воздушной надземной массы, г/м ²	Относительное весовое обилие, %
✓ <i>Deschampsia caespitosa</i>	II	45	sp _{gr}	60	15,7
✓ <i>Agropyrum tenerum</i>	I	85	cop ₁	54	14,2
✓ <i>Bromus inermis</i>	I	120	cop ₁	38	10,0
✓ <i>Melilotus albus</i>	I	90	sp	30	8,0
✓ <i>Roegneria fibrosa</i>	II	65	sp _{gr}	24	6,4
✓ <i>Trifolium repens</i>	III	10	sp _{gr}	20	5,2
✓ <i>Dactylis glomerata</i>	I	85—90	sp	18	4,7
✓ <i>Festuca pratensis</i>	I	60—75	sp _{gr}	14	3,6
✓ <i>Beckmannia eruciformis</i>	I	80—90	cop ₂	14	3,6
✓ <i>Plantago media</i>	III	6	sol	12	3,2
✓ <i>Rumex confertus</i>	I	75	sol	12	3,2
Прочие				84	22,2

сложной травосмеси, содержащей как высеянные культурные многолетние злаки и бобовые, так и сорные виды. По массе преобладают злаки, которые создают аспект ценоза (табл. 11). Вегетативное размножение их обусловило мозаичность травостоя. В составе преобладают многолетние луговые и сорные растения, главным образом мезофиты (см. табл. 12). Рассматриваемая группировка еще сохраняет черты культурфитоценоза. Однако помимо культурных видов в сообществе отмечено появление хорошо развитых дерновин щучки дернистой (обилие — *sp*). Ее интенсивное распространение свидетельствует об активном процессе распада культурфитоценоза и эволюции его в разнотравно-щучковый луговой ценоз.

Анализ показал, что в растительных группировках, образовавшихся на поливном участке, надземная фитомасса колеблется от 38,0 до 58,8 *ц/га* в зависимости от особенностей отдельных группировок (табл. 13). По запасу органического вещества в надземной фитомассе наши группировки превосходят сеянные сообщества, сформировавшиеся в обычных почвенных условиях, урожаем которых, по данным П. В. Лебедева (1960) и И. В. Ларина (1969), может колебаться от 25 до 40 *ц/га*. Накопление подземной фитомассы на поливном участке идет довольно интенсивно, и в настоящее время ее воздушно-сухой вес колеблется от 155,2 до 170 *ц/га*, что в 2—4 раза выше веса надземных органов. Следует отметить, что если на участке с умеренным увлажнением на каждый грамм воздушно-сухого вещества надземной массы приходится 3,7—4,5 г подземной (корней), то при избыточном — всего 2,6 г. Возможно, это связано с понижением температуры корнеобитаемого слоя увлажненных участков, что в совокупности с постоянным избытком влаги и ухудшением аэрации сопровождается задержкой роста и развития корневых систем (Дадыкин, 1952; Алексеев, 1967). В целом же повышение продуктивности искусственных травяных сообществ, развивающихся в условиях полива, по сравнению с суходольными участками на золоотвале имеет тот же характер, что и повышенная урожайность заливных (пойменных) естественных лугов, орошаемых паводковыми водами разливающихся рек и удобряемых отложениями плодородного наилка (Раменский, 1971).

Сопоставляя развитие луговых культурфитоценозов на золоотвалах таежной и лесостепной зон, можно сделать предварительный вывод, что скорость и степень деградации их в первом случае более выражены, чем во втором. Это проявляется в более интенсивном выпадении в таежной зоне из травостоя культурных видов, прежде всего бобовых, и быстром внедрении в их состав аборигенных видов злаков, таких, как вейник наземный и щучка дернистая. Деградация культурфитоценозов ускоряется под влиянием бессистемного и интенсивного стравливания посевов и других антропогенных воздействий. Полив бытовыми сточными водами также ускоряет распад культурфитоценозов и трансформацию их в сторону формирования разнотравно-щучковых группировок, типичных для лугов таежной зоны с повышенным или избыточным увлажнением.

Таблица 12

Сравнительная характеристика флористического состава группировок, сформировавшихся на золотавале Нижне-туринской ГРЭС с применением различных агротехнических воздействий*

Агротехническое воздействие	Количество видов	Состав компонентов													
		ботанический			биологический		фитоценотический				экологический				
		злаки	бобовые	разнотравье	одно- и дву-летники	многолетники	луговые	лесные	сорные	болотные	мезофиты	мезоксерофиты	гигрофиты	прочие	
Почвенное покрытие	Злаково-бобовый (разнотравно-злаково-бобовая)	80 100	9 11,3	13 16,3	58 72,4	18 33,0	62 77,0	37 46,2	22 27,5	19 23,8	2 2,5	57 71,2	14 17,6	5 6,2	4 5,0
		50 100	15 30,0	4 8,0	21 62,0	6 18,0	41 82,0	24 48,0	5 10,0	10 20,0	11 22,0	31 62,0	3 6,0	9 18,0	7 14,0
Полив сточными водами	Злаково-бобовый (бекманнещучковая) . . .	57 100	15 26,4	6 10,5	36 65,1	12 21,1	45 78,9	34 59,8	3 5,2	17 29,8	3 5,2	39 68,4	5 8,7	5 8,7	8 18,2

* В числителе — абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего количества.

Состав и производительность растительных группировок участков самозарастания

Таблица 13

Производительность культурфитоценозов на золоотвале Нижнегургинской ГРЭС*

Для сравнительной оценки состава и производительности культурфитоценозов представляют интерес соответствующие данные по растительным группировкам, сформировавшимся на участках «чистой» золы в результате их самозарастания без вмешательства человека.

На золоотвале Южно-Уральской ГРЭС площадь самозарастания незначительна и занимает участок, подвергшийся в 1966 г. эрозионному размыву. Он занят первичной разнотравно-пыльной группировкой (*Artemisia absinthium*+*Berteroa incana*+*Erysimum chieranthoides*), в составе которой преобладают представители разнотравья, составляющие 90% от общего числа видов (табл. 14). Травостой слабосомкнутый, проективное покрытие не превышает 25%, а задернённость — 10%. Преобладание однолетников и двулетников, притом из числа сорных растений, свидетельствует о неустойчивости пионерной группировки. По видовому составу она ещё далека от естественного лугового ценоза (коэффициент общности 17,5%), хотя и включает виды, типичные для таковых сообществ зоны лесостепи (*Artemisia dracunculus*, *A. campestris*, *Achillea nobilis*, *Potentilla bifurca* и др.). Надземная фитомасса в воздушно-сухом состоя-

Агротехническое возде-ствие	Фитоценоз (растительная группировка)	Возраст, лет	Вес воздушно-сухой массы					Отношение веса подземных органов к весу надземных, ц/га	
			общая фитомасса, ц/га	надземных органов			надземных органов, ц/га		
				всего	злаки	бобовые			разно-травье
Полив сточными водами	Злаково-бобовый (белманьево-шучковая)	10	214,0	$\frac{58,8}{100,0}$	$\frac{52,4}{87,4}$	—	$\frac{6,4}{12,6}$	155,2	2,6
	Бобово-злаковый (бобово-разнотравно-злаковая) . .	10	208,4	$\frac{38,0}{100,0}$	$\frac{22,2}{58,2}$	$\frac{5,6}{15,8}$	$\frac{10,2}{27,0}$	170,4	4,4
Почвенное покрытие	Злаково-бобовый (разнотравно-злаково-бобовая) .	4	122,1	$\frac{51,6}{100,0}$	$\frac{3,0}{5,8}$	$\frac{39,8}{77,0}$	$\frac{8,8}{17,2}$	70,5	1,3

* В числителе — вес в ц/га, в знаменателе — % от общего количества.

Сравнительная характеристика флористического состава растительных группировок участков самозарастания*

Растительная группировка	Количество видов	Состав компонентов													Коэффициент флористического сходства с естественным фитоценозом, %
		ботанический			биологический		фитоценотический						экологический		
		злаки	бобовые	разнотравье	одно- и дву-летники	многолетники	дубовые	лесные	сорные	степные	болотные	мезофиты	мезоксеро-фиты	прочие	
Разнотравно-по- лынная (Южно- Уральская ГРЭС)	21 100	1 4,8	1 4,8	19 90,4	10 48,2	11 52,8	5 24,0	1 4,8	11 52,8	4 18,4	—	11 52,0	5 24,0	5 24,0	17,5
Первичная бес- кильничевая (Серовская ГРЭС)	11 100	5 45,4	1 9,1	5 45,5	3 27,3	8 73,8	3 27,3	1 9,1	7 63,6	—	—	5 45,4	—	6 54,6	18,1
Вейниковая (Бе- резниковская ГЭС)	11 100	2 18,2	—	9 81,8	—	11 100,0	—	4 36,4	7 63,6	—	—	7 63,6	2 18,2	2 18,2	15,7
Разнотравно-зла- ковая (Серов- ская ГРЭС, по- лив бытовыми водами)	29 100	8 27,6	1 3,4	20 68,5	11 37,4	18 61,9	5 17,2	1 3,5	17 58,7	—	6 20,6	11 37,4	2 6,8	16 55,8	21,3

* В числителе — абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего количества.

нии (табл. 15) едва достигает 3,9 ц/га. В кормовом отношении травостой малоценен, так как по весу преобладают полынь, икотник, желтушник и им подобные; злаки и бобовые составляют незначительную долю. Вес воздушно-сухой подземной фитомассы составляет 2,8 ц/га, основная масса корней располагается в поверхностном 20—30-сантиметровом слое золы. Обращает внимание, что масса надземных органов в 1,3 раза превышает подземную фитомассу. Таким образом, первичная разнотравно-полынная группировка, образовавшаяся на «чистой» золе в результате самозарастания отвала Южно-Уральской ГРЭС, характеризуется низкой производительностью и даже на 4-м году жизни не образует дернины, способной скрепить зольный субстрат.

На участках самозарастания золоотвалов таежной зоны с нормальным или даже избыточным увлажнением более выражена, чем в лесостепи, начальная стадия сингенеза растительности — поселение и разрастание на зольном субстрате водорослей и мхов (Тарчевский, Штина, 1967; Неганова, 1969). Типичной в этом отношении является первичная бескильницевая группировка с хорошо развитым водорослево-моховым покровом, сформировавшаяся на чистой золе (золоотвал Серовской ГРЭС). Специального изучения альгофлоры и микрофлоры на этом участке не проводилось. В составе же группировки зарегистрировано 11 видов высших цветковых растений, главным образом представленных влаголюбивыми многолетниками, злаками и разнотравьем (*Agrostis stolonizans*, *Puccinella distans*, *Poa trivialis*, *Deschampsia caespitosa*, *Roripa palustris* и др.). Размещение растений на площади диффузное. Проектное покрытие менее 5%, а задерненность практически отсутствует, за исключением пятен, занятых злаками.

Первичную бескильницевую группировку следует рассматривать как начальный этап формирования растительности на золоотвалах с устойчивым увлажнением. Известно, что бескильница расселяется на них сравнительно быстро, создавая благоприятную среду для поселения в дальнейшем более требовательных к экологическим условиям растений (Тарчевский, 1964). Появление в составе ее группировок других видов злаков, а также бобовых, свидетельствует о начале следующего этапа сингенеза.

Как показывают наблюдения, одновидовые или маловидовые группировки из бескильницы с водорослево-моховым покровом неустойчивы и относительно кратковременны. Так, если в 1961 г. на золоотвале Березниковской ТЭЦ бескильница создавала однородный, почти одновидовой покров на участках площадью по 100 м² и более, то к 1969 г. там сохранились лишь ее единичные растения с 9—15 побегами. В то же время произошло интенсивное расселение по всему золоотвалу, в том числе и по «чистой» золе, вейника наземного, образовавшего местами почти чистые одновидовые (вейниковые) заросли. В составе их зарегистрировано 11 видов, главным образом, представителей многолетнего сорного разнотравья (табл. 14). Отмечено также появление некоторых видов деревьев

Таблица 15

Производительность растительных группировок, возникших при самозаращении на «чистой» золе *

Дата наблюдения	Растительная группировка	Возраст, лет	Вес воздушно-сухой массы						Отношение веса подзем- ных органов к весу надземных
			общая фитомасса, ц/га	надземных органов				подзем- ных ор- ганов, ц/га	
				всего	злаки	бобовые	разно- травье		
4 июля 1971 г.	Первичная бескильничевая (Серовская ГРЭС) . . .	3	1,6	$\frac{1,1}{100,0}$	$\frac{0,9}{80,6}$	$\frac{0,1}{6,5}$	$\frac{0,1}{12,9}$	0,5	0,4
9 июля 1970 г.	Разнотравно-полевая (ЮУ ГРЭС)	4	6,7	$\frac{3,9}{100,0}$	$\frac{0,1}{0,2}$	$\frac{0,1}{0,2}$	$\frac{3,7}{99,6}$	2,8	0,7
9 июля 1971 г.	Вейниковая (Березников- ская ТЭЦ)	6	129,2	$\frac{14,1}{100,0}$	$\frac{12,6}{89,2}$	—	$\frac{1,5}{10,8}$	115,1	8,1
4 июля 1971 г.	Разнотравно-злаковая (Се- ровская ГРЭС на поливе)	5	51,8	$\frac{23,3}{100,0}$	$\frac{14,9}{63,9}$	—	$\frac{8,4}{36,1}$	28,5	1,2

* В числителе — вес в ц/га, в знаменателе — % от общего количества.

и кустарников, таких, как березы, осина, ивы. Однако коэффициент флористического сходства вейниковой группировки с естественным фитоценозом еще очень мал — всего 15,7%.

Значительная разреженность и малая мощность растений в этой группировке обуславливают и малую массу надземных органов, порядка 15 ц/га (табл. 15). Тем не менее ее производительность неизмеримо выше производительности бескильнищевой, причем в составе надземной массы вейниковой заросли уже выделяется ветошь, образованная отмершими листьями злаков. Под отдельными пятнами вейника она имела толщину до 6 см, а вес ее составил 10,7 г/м² или 7, 5% к общей надземной фитомассе. Резко возрастает масса подземных органов растений, которая с плотных пятен вейниковой заросли в 8 раз превышает массу надземных органов.

Флористический состав группировок, формирующихся на «чистой» золе, существенно изменяется под влиянием полива сточными водами. Так, на Серовском золоотвале в разнотравно-злаковой группировке самозаращения на поливном участке зарегистрировано 29 видов цветковых растений (табл. 14). Преобладает разнотравье, представленное, главным образом, сорными видами (58,7%). Наиболее обильно представлены черда, щучка и бескильница, которые и создают аспект травостоя. В экологическом отношении более половины видов относится к группе гигрофитов и гигромезофитов. Коэффициент флористического сходства с естественным ценозом — 21,3%. Под влиянием обильного водоснабжения и обеспеченности питательными веществами растения хорошо развиты. Число побегов на 1 м² у щучки достигает — 120, бескильницы — 260, в отдельных пятнах череды — более 1000. Однако череда, как и другим одно-двулетним видам сорных растений, в дальнейшем не будет, очевидно, принадлежать заметная роль в составе и структуре травостоя. К тому же, распределение пятен череды на площади участка строго приурочено к узкой полосе стока сточных вод, и за пределами ее она почти не встречается. Будущее в этой группе, несомненно, принадлежит злакам, прежде всего, щучке, доминирующей уже в настоящее время. Общая масса надземных и подземных органов растений на участке с поливом (см. табл. 15) значительно выше, чем у первичной бескильнищевой группировки, и приближается к производительности естественного лугового сообщества с доминированием щучки.

Таким образом, растительные группировки самозаращения, сформировавшиеся на «чистой» золе, характеризуются в целом, очень низкой производительностью, намного уступая культурфитоценозам. В условиях достаточного количества осадков (таежная зона) на «чистой» золе через несколько лет формируется злаково-разнотравный травостой невысокой кормовой ценности. В засушливых условиях зоны лесостепи в составе первичных растительных группировок самозаращения преобладают сорные виды, что существенно снижает производительность и кормовые качества травос-

стоя и неблагоприятно для накопления органического вещества в зольном субстрате.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растительный покров исследованных золоотвалов Урала через несколько лет после начала их освоения представлен группировками, различными по происхождению (группировки самозарастания и культурфитоценозы), составу компонентов и производительности. На участках «чистой» золы, где формирование растительности шло без каких-либо агротехнических воздействий, в результате самозарастания через 3—6 лет образовались простые несомкнутые группировки, в состав которых входят наиболее устойчивые к произрастанию на зольном субстрате виды местной флоры, среди которых много сорных. В зоне лесостепи начальный этап сингенеза естественной растительности представлен бурьянистой стадией с господством полыней и других сорных видов. В таежной зоне начало естественного формирования травянистых ценозов на золоотвалах связано с образованием первичных бескильничевых группировок с хорошо выраженным водорослево-моховым покровом. Дальнейшие этапы сингенеза ведут к образованию группировок с господством злаков, характерных для зональных луговых ценозов (вейник наземный, щучка дернистая). Отмечается появление подроста древесных и кустарниковых растений (золоотвалы Березниковской ТЭЦ, Серовской ГРЭС), что указывает на возможную замену в будущем травянистых сообществ древесными. В целом, процесс естественного самозарастания на «чистой» золе идет медленно, растягиваясь на длительный период.

Создание культурфитоценозов стимулирует и ускоряет процессы сингенеза на золоотвалах. Однако культурфитоценозы из многолетних бобовых и злаковых культурных трав, созданные на золоотвалах, не являются устойчивыми. С первых же лет жизни наблюдается выпадение из их состава некоторых высеянных культур, изреживание посевов, энергичное внедрение в них представителей сорной и местной дикорастущей флоры. Отсутствие ухода за посевами, а также их вытаптывание и стравливание скотом при выпасе ускоряют распад и деградацию культурфитоценозов.

Деградированные культурфитоценозы 5—10-летнего возраста представляют собой растительные группировки, сложные по строению и разнообразные по видовому составу. Интенсивность и направленность их сукцессий зависит от зонально-географических условий расположения золоотвалов. В зоне лесостепи при недостатке влаги трансформация культурфитоценозов сопровождается их ксерофитизацией и идет по пути формирования травянистых сообществ, приближающихся к естественным лугам суходольного типа, или даже луговым степям. На золоотвалах таежной зоны культурфитоценозы эволюционируют в сторону формирования вейниковых зарослей или щучковых луговых сообществ, напоминающих природ-

ные естественные травянистые сообщества. Отмеченное внедрение в их состав древесных и кустарниковых растений свидетельствует о возможности усиления в дальнейшем роли этих жизненных форм. Следовательно, сукцессионные процессы культурфитоценозов, при отсутствии агротехнического ухода за ними на золоотвалах, сопровождаются деградацией посевов и идут в направлении формирования луговых и лугово-лесных сообществ зонального типа.

Производительность культурфитоценозов, созданных на золоотвалах, даже в состоянии различной степени трансформированности приближается, а в некоторых случаях и превышает массу надземных органов травостоя естественных луговых сообществ. В кормовом отношении надземная фитомасса вполне удовлетворительного качества.

Относительное преобладание в сложении общей фитомассы таких сообществ подземных органов согласуется с отмеченной в литературе закономерностью, установленной для условий почвенной культуры (Станков, 1955, 1964; Рассел, 1955; Вассинг, 1961; Синнот, 1963 и др.). Интенсивное развитие корневых систем растений в условиях золоотвалов имеет особенно большое значение, так как в результате происходит закрепление подвижного субстрата, идет накопление органического вещества в золе и превращение ее в плодородный субстрат (почву), благоприятный для произрастания растений.

Анализ данных, полученных при инвентаризации растительности золоотвалов ТЭЦ Урала, позволяет считать, что создание культурфитоценозов на золоотвалах, даже при условии отсутствия за ними постоянного последующего ухода (подкормка удобрениями посевов, своевременное выкашивание, запрещение и ограничение выпаса), обеспечивает надежное и быстрое формирование относительно высокопроизводительных растительных группировок, представляющих интерес в хозяйственном и санитарно-гигиеническом отношениях. Следовательно, превращение золоотвалов в культурные кормовые угодия — один из реальных путей преобразования бесплодных пространств, возникающих в результате разрушительных воздействий техногенеза на природу, в продуктивные участки культурного урбанизированного ландшафта.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев Л. Н., 1967. Продуктивность луговых растений в зависимости от условий среды. ЛГУ.

Беспрозвана С. Я., 1970. Формирование корневых систем бобовых растений в зависимости от свойств золы. В сб. «Растения и промышленная среда», вып. 2. Свердловск, УрГУ.

Быков Б. А., 1960. Доминанты растительного покрова Советского Союза, т. 1. Алма-Ата, АН КазССР.

Быков Б. А., 1962. Доминанты растительного покрова Советского Союза, т. 2. Алма-Ата, АН КазССР.

Быков Б. А., 1965. Доминанты растительного покрова Советского Союза, т. 3. Алма-Ата, АН КазССР.

Вассинг Е., 1961. Изучение роста растений в условиях регулируемой внешней среды. В сб. «Регулирование внешней среды растений». М., ИЛ.

Голубинцева В. П., 1959. Сезонные изменения в травостоях суходольных лугов Предуралья. «Уч. зап. Уральского ун-та», вып. 32, сер. биологич.

Голубинцева В. П., 1964. Изменение растительности суходольного луга в условиях Красноуфимской лесостепи. «Зап. Свердловского отд. ВБО», вып. 3.

Дадыкин В. П., 1952. Особенности поведения растений на холодных почвах. М., АН СССР.

Куминова А. В., 1960. Растительный покров Алтая. Новосибирск, АН СССР.

Ларин И. В., 1969. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. Л., «Колос».

Лебедев П. В., 1960. Влияние размещения компонентов травосмеси на ее урожай. «Ботанич. ж.», 45, № 6.

Марков М. В., 1958. О доминантах фитоценоза по работам советских геоботаников. «Ботанич. ж.», 43, № 4.

Марков М. В., 1969. Агрофитоценоз как основной объект изучения агрофитоценологии, науки об искусственных посевах растений. В кн. «Материалы I межвузовского научного совещания по вопросам агрофитоценологии». Казань, КГУ.

Неганова Л. Б., 1969. О составе водорослей, развивающихся на промышленных отвалах. В сб. «Рефераты докладов и сообщений IV Уральского научно-координационного совещания по проблеме «Растительность и промышленные загрязнения». Свердловск, УрГУ — УФАИ СССР.

Определитель растений Башкирской АССР, 1966. М. — Л., «Наука».

Раменский Л. Г., 1971. Проблемы и методы изучения растительного покрова. М., «Наука».

Рассел Э., 1955. Почвенные условия и рост растений. М., ИЛ.

Растения и промышленная среда, 1964. Свердловск, УрГУ.

Растения и промышленная среда, 1970. Вып. 2. Свердловск, УрГУ.

Родин Л. Я., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И., 1968. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота фитоценозов. Л., «Наука».

Синнот Э., 1963. Морфогенез растений. М., ИЛ.

Станков Н. З., 1955. Корни и почва. «Земледелие», № 10.

Станков Н. З., 1964. Корневая система полевых культур. М., «Колос».

Тагунова Е. А., 1959. Растительность лугов Нижнетагильского района Свердловской области. «Уч. зап. Уральского ун-та», вып. 32, сер. биологич.

Тарчевский В. В., 1964. Биологические методы консервации зооотвалов тепловых электростанций Урала. В сб. «Растения и промышленная среда». Свердловск, УрГУ.

Тарчевский В. В., Штина Э. А., 1967. Развитие водорослей на промышленных отвалах. В сб. «Современное состояние и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР». Кировский с.-х. ин-т.

Урал и Приуралье, 1968. М., «Наука».

«Флора СССР», 1934—1960. Т. 1—30, М. — Л., АН СССР.

Шенников А. П., 1950. Экология. М., «Высшая школа».